

Федеральные целевые программы

УДК 338.23

**РАЗРАБОТКА КРИТЕРИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ  
ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕЗУЛЬТАТОВ  
СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОГРАММ**

*С. В. Проничкин<sup>1\*</sup>, И. П. Тихонов, Н. А. Сахарова, А. В. Роцин*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Институт системного анализа, Москва, \*e-mail: pronichkin@mail.ru

Поступила в редакцию 20.04.2017 г.

Предложен научно-методический подход к оценке инновационного потенциала результатов современных научно-технических программ (НТП), состоящий из двух этапов. На первом этапе группа специалистов-экспертов выделяет несколько обобщенных результатов НТП, среди которых, по мнению группы, содержится оптимальный. На втором этапе проводится многокритериальная комиссионная экспертиза выделенных результатов. Разработана критериальная модель выбора оптимальных результатов научно-технических программ. Использование исключительно вербальных оценок вариантов, а также обоснованность решающих правил выбора позволяет сделать вывод о целесообразности применения предлагаемых подходов для оценки инновационного потенциала результатов НТП.

**Ключевые слова:** научно-техническая программа, инновационный потенциал, критерии, экспертиза, принятие решений, критериальная модель.

**ВВЕДЕНИЕ**

Современные научно-технические программы (НТП) обеспечивают создание научной и научно-технической продукции и представляют собой совокупность научных и научно-технических проектов, объединенных общими целями и задачами, тематикой, сроками выполнения и механизмом финансирования. Государственные НТП являются важным средством реализации приоритетных направлений развития науки и техники путем концентрации научно-технического потенциала страны.

При практической реализации мероприятий НТП возникает большое количество результатов научно-технической деятельности. При этом не существует аналитической зависимости между количественными показателями, характеризующими результаты НТП, и качественными характеристиками, выбираемыми в качестве критерия оптимальности. Это связано с тем, что точные количественные расчеты инновационного потенциала результатов научных исследований и разработок плохо поддаются формализации и чрезвычайно трудоемки.

Основной задачей практической реализации результатов НТП является выбор оптимального варианта, т.е. такого результата, которому соответствует

экстремальное значение характеристик инновационного потенциала, принятых в качестве критерия качества. В настоящее время не разработана общепринятая методика оценки инновационного потенциала результатов научно-технической деятельности. Такая оценка должна осуществляться на предварительном этапе инвестиционного проектирования наукоемких проектов. Рассмотрим этот этап подробнее.

### **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕЗУЛЬТАТОВ НТП**

Предлагается осуществлять выбор оптимального варианта инвестиций в два этапа. На первом этапе группа специалистов-экспертов выделяет несколько результатов научно-технической деятельности, среди которых, по мнению группы, содержится оптимальный результат. На втором этапе проводится многокритериальная комиссионная экспертиза выделенных результатов. Такая экспертиза позволяет определить оптимальный вариант инвестиций, который принимается и используется на дальнейших этапах практической реализации. Из-за ограниченности ресурсов, экспертиза не может быть выполнена для всего множества результатов НТП.

Первый этап описанной методики является наименее формализованным. Исходное число результатов НТП обычно очень велико, поэтому ни один эксперт, какой бы высокой квалификацией он ни обладал, не в состоянии детально проанализировать все множество результатов. Поскольку на этом этапе инвестиционного проектирования характеристики инновационного потенциала неизвестны и, следовательно, не могут быть использованы в качестве основы для выбора «наилучшего» варианта, каждому эксперту приходится пользоваться собственным правилом выбора.

Правило выбора, интуитивно используемое экспертом, может быть основано либо на учете большого числа фактических данных, характеризующих результат, либо на стремлении выделить в качестве перспективных такие обобщенные результаты, которые содержат наилучшие отдельные результаты, с точки зрения заказчика НТП.

В первом случае возможна потеря вариантов с высокими показателями инновационного потенциала из-за того, что эксперты принимают во внимание различные наборы критериев и по-разному оценивают относительную важность каждого критерия. Во втором случае составление обобщенного результата из наилучших элементов, как правило, весьма затруднительно, поэтому эксперту приходится ослаблять требования к отдельным результатам. Вопрос, к каким элементам обобщенного результата следует ослаблять требования и в какой степени, решается каждым экспертом на основе его знаний и опыта.

Перечисленные недостатки первого этапа выбора оптимального результата НТП в значительной мере ослабляют эффективность инвестиционного проектирования. Несмотря на это, использование экспертных оценок при выборе оптимального результата НТП, обуславливаемое отсутствием объективной информации, необходимой для принятия обоснованных решений, является весьма целесообразным, а возможно, и

единственным способом решения задачи. Специалисты-эксперты научно-исследовательских, образовательных и промышленных организаций имеют большой практический опыт, использование которого может значительно сократить время и стоимость оценки инновационного потенциала результатов НТП. Однако получение обоснованных решений требует четкой постановки задачи, формализации процессов сбора и обработки экспертных оценок и использования научно-обоснованных методов принятия решений. Для устранения указанных недостатков первого этапа проектирования были разработаны критерии, позволяющие дать предварительную оценку инновационного потенциала результатов НТП [1, 2]. Выбор критериев осуществляли, руководствуясь концепцией НТП и проблемами, которые, по мнению соответствующих федеральных органов исполнительной власти, должны решаться программными методами.

Выбор критериев для оценки и принятия решений обусловлен следующими особенностями решаемых в рамках НТП проблем:

- важность проблемы;
- невозможность комплексного решения проблемы в приемлемые сроки в связи с использованием существующего рыночного механизма и необходимостью государственной поддержки его решения;
- фундаментальная новизна и высокая эффективность технических, организационных и других мер, необходимых для широкомасштабного распространения прогрессивных научно-технических достижений и повышения на этой основе эффективности общественного производства;
- необходимость координации межотраслевых связей технологически смежных отраслей для решения этой проблемы.

Многокритериальный отбор перспективных результатов НТП осуществлялся с учетом социально-экономических приоритетов, направлений структурной, научно-технической и инновационной политики, национальных потребностей и необходимых финансовых ресурсов, готовности технологической базы, а также масштабируемости результатов.

Общее число результатов НТП, которые могут быть проанализированы таким способом, не превышает нескольких десятков. Из-за этого не удастся провести анализ всех результатов НТП, а исходное подмножество обобщенных результатов по-прежнему приходится выделять группе высококвалифицированных экспертов.

Задача формирования обобщенных результатов НТП, в общем виде может быть сформулирована следующим образом: выделить из всего множества результатов реализованных мероприятий НТП некоторое число вариантов, наиболее предпочтительных в указанном выше смысле.

Следовательно, на первом этапе задачи оценки инновационного потенциала не требуется полностью упорядочить множество допустимых вариантов, а достаточно найти множество «наиболее предпочтительных» вариантов (множество Парето) [3].

### ФОРМИРОВАНИЕ ОБОБЩЕННОГО РЕЗУЛЬТАТА НТП

На втором этапе задача оценки инновационного потенциала требует существенных уточнений. Понятие «наиболее предпочтительный», уточняемое в дальнейшем, подразумевает наличие не единственного количественного критерия, используемого при оценке варианта, а совокупности критериев. Каждый из обобщенных результатов должен быть оценен по всем критериям, и на основании этих оценок должно приниматься решение об отбрасывании варианта или о необходимости его дальнейшего внедрения. Следовательно, задача выбора оптимального результата НТП включает разработку полного перечня критериев, которые должны учитываться при оценке каждого варианта, а также шкал оценок по каждому критерию, процедуру оценки и процедуру выбора из исходного множества подмножества наиболее предпочтительных вариантов. Такая совокупность операций представляет собой критериальную модель инновационного потенциала результатов НТП.

При использовании такой модели с каждым результатом НТП сопоставляется  $n$ -мерный вектор оценок  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , где элемент  $X_i$  - оценка варианта по  $i$ -му критерию. Это дает возможность систематизированного и формального сравнения различных вариантов и строгого определения понятия «вариант  $A_i$  предпочтительнее варианта  $A_j$ » и «подмножество наиболее предпочтительных (рациональных) вариантов». При этом возникают задачи двух видов: чисто алгоритмические, связанные с определением множества Парето, и менее формальные, связанные с заданием отношений предпочтения на множестве вариантов.

Исследование поставленной задачи позволило выделить и решить следующие частные подзадачи:

1. Разработать способ представления и обобщения результатов, удобный для осуществления перебора всех исходных результатов мероприятий НТП.

2. Разработать полный набор критериев, которые должны учитываться при оценке каждого варианта, а также шкалы оценок по каждому критерию и процедуры оценки.

3. Построить формальную процедуру, позволяющую выделить из исходного множества результатов НТП «подмножество наиболее предпочтительных вариантов для инвестиций».

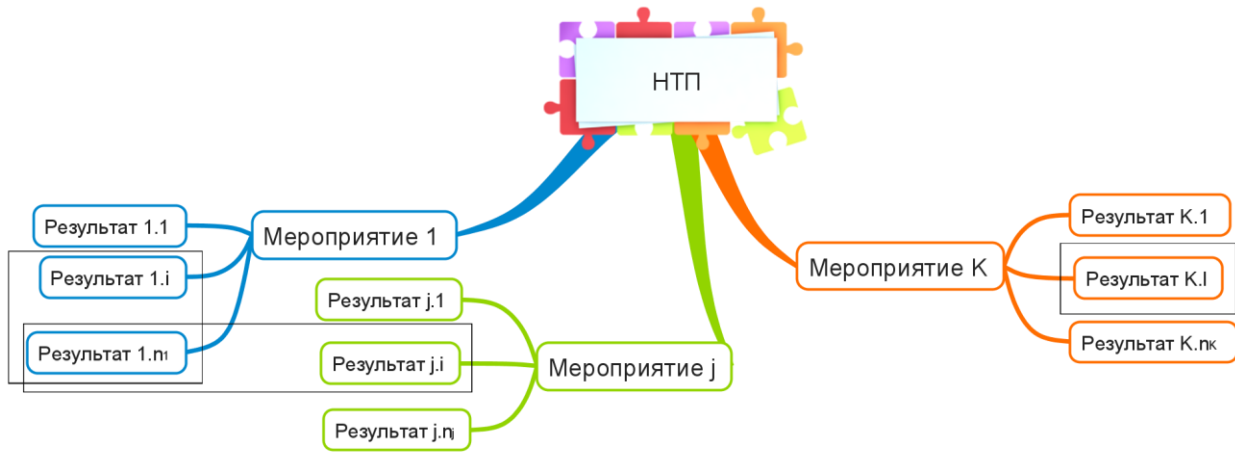
Успешное решение этих частных задач дало возможность создать методику, формализующую первый этап выбора оптимального результата НТП.

Первые две задачи являются подготовительными для решения третьей, которую можно рассматривать как одну из постановок задач теории принятия решений, а именно, многокритериальную задачу принятия решений в условиях определенности [4].

Анализ первой задачи показывает, что в любой научно-технической программе можно выделить цели, задачи и мероприятия по приоритетным направлениям, каждое приоритетное направление подразделяется на подгруппы работ – научно-исследовательские работы (НИР), опытно-конструкторские работы (ОКР), государственные капитальные вложения (ГКВ), прочие нужды (Прочие работы). Для каждого конкретного мероприятия должны быть

получены научно-технические результаты.

Все возможные результаты НТП могут быть представлены в виде конечного множества деревьев вариантов. На рисунке 1 представлена концептуальная схема формирования обобщенных результатов НТП из исходного множества деревьев вариантов.



**Рис. 1.** Концептуальная схема формирования обобщенного результата НТП.

Деревья представляют собой горизонтальные ряды вершин. Каждый ряд соответствует определенному уровню, а его вершины - элементам данного уровня. Каждый обобщенный результат НТП представляется конечными вершинами деревьев, т.е. последовательностью элементов, выбираемых таким образом, что в каждую ветвь входит один и только один элемент каждого уровня. Представление множества допустимых вариантов в виде множества деревьев возможно для любых видов НИОКР. Возможные сочетания отдельных результатов НТП различных уровней могут быть удобно представлены в табличном виде.

Описанная форма представления результатов НТП в виде множества деревьев наглядна и позволяет не запоминать все исходное множество, а достаточно просто и быстро формировать любой его обобщенный вариант. Сравнение оценок вариантов при таком способе их представления также производится достаточно быстро.

### КРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕЗУЛЬТАТОВ НТП

Для каждого обобщенного результата НТП был сформулирован набор критериев, по которым может быть оценен любой элемент соответствующего уровня деревьев вариантов. Набор критериев, по которым оцениваются варианты инвестиций в наукоемкие проекты, представляет собой пять различных критериев, имеющих качественный характер.

1. Востребованность результата НТП.
2. Стадия производства результата НТП.
3. Компетентность внедренческой организации.
4. Длительность окупаемости расходов на разработку конечного продукта.

## 5. Актуальность конечного продукта на рынке товаров и услуг.

Разработка способа представления альтернативных вариантов исходного множества результатов НТП, формирование набора критериев, разработка оценочных шкал и процедуры оценки вариантов позволили перейти от интуитивного выделения «наилучших» вариантов, основанного только на индивидуальном опыте специалистов-экспертов, к формализованному анализу оценок каждого варианта и выделению «подмножества наиболее предпочтительных вариантов».

При выделении подмножества «наиболее предпочтительных вариантов» учитываются данные об относительной важности критериев и оценок по этим критериям. На основании этой информации задается бинарное отношение предпочтения на исходном множестве допустимых вариантов, точно определяющее понятие «более предпочтительный вариант».

Отношение предпочтения  $R$  определяется следующим естественным образом: вариант  $A_i$  предпочтительнее, чем вариант  $A_j$  (т. е.  $A_i R A_j$ ), тогда и только тогда, когда хотя бы по одному критерию вариант  $A_i$  имеет оценку лучше, чем  $A_j$ , а по остальным - не хуже. Два варианта  $A_i$  и  $A_j$  являются несравнимыми ( $A_i, A_j$ ), если по некоторым критериям более высокие оценки имеет один вариант, а по остальным - другой.

Множество допустимых вариантов частично упорядочено отношением  $R$ . Следовательно, все несравнимые варианты, не имеющие более предпочтительных, т.е. максимальные элементы исходного множества, образуют подмножество наиболее предпочтительных.

При большом количестве вариантов исходного множества подмножество наиболее предпочтительных элементов, полученное с помощью отношения  $R$ , также содержит слишком много элементов. Это приводит к необходимости формирования совокупности отношений, последовательное применение которых позволит выделить подмножество, содержащее количество вариантов, близкое к требуемому.

Анализ критериев показал, что оценки по различным критериям не в одинаковой степени влияют на общую оценку инновационного потенциала обобщенного результата НТП. Из двух критериев более важным следует считать тот, ухудшение оценки по которому на одну градацию шкалы менее желательно с точки зрения экспертов.

Оказалось, что критерии могут быть распределены по группам, каждая из которых содержит одинаково важные критерии, а сами группы могут быть упорядочены (проранжированы) в соответствии с важностью включенных в них критериев.

Упорядочение критериев позволило привести шкалы критериев внутри группы к единой порядковой шкале, имеющей 3 оценки  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$ , и ввести следующее отношение предпочтения  $R_1$ :  $A_i R_1 A_j$  тогда и только тогда, когда вариант  $A_i$  имеет хотя бы по одной группе критериев больше более предпочтительных оценок, чем вариант  $A_j$ , а по остальным группам не уступает ему. Варианты  $A_i$  и  $A_j$  эквивалентны, т.е.  $A_i \sim A_j$ , если по каждой группе критериев они имеют равные количества одинаковых оценок. Варианты  $A_i$  и  $A_j$

являются несравнимыми, если ни один из них не является доминирующим и если они не эквивалентны.

Рассмотренная критериальная модель выбора оптимальных результатов НТП может быть представлена в виде блок-схемы, изображенной на рисунке 2.

Операции, выполняемые в блоках 2 и 3 (рис. 2), проводятся один раз. Алгоритмическая часть остальных блоков не зависит от вида полученных результатов НТП.

Для каждого мероприятия НТП осуществляется сбор исходной информации, связанной с формированием обобщенных результатов; с заданием связей между результатами различных уровней; с их оценкой по соответствующим критериям и с построением необходимых таблиц, позволяющих провести экспертизу обобщенных результатов по набору критериев.



**Рис. 2.** Схема критериальной модели выбора оптимальных результатов НТП.

Экспертиза научно-технических результатов должна основываться на следующих принципах [5, 6]:

- научной обоснованности экспертных оценок, их ориентации на мировой уровень развития науки и техники, норм, правил и требований государственных стандартов;
- независимости и правовой защищенности участников экспертизы, их

компетентности и заинтересованности в качественном и своевременном выполнении экспертной оценки;

- системности организации экспертизы, единстве ее нормативно-методологического обеспечения;

- сохранения конфиденциальности информации, государственной, служебной и коммерческой тайны в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

Субъектами экспертизы являются физические лица, привлекаемые в качестве экспертов к проведению экспертизы из числа специалистов, которые работают в ведущих учреждениях Российской академии наук, высших учебных заведениях, отраслевых предприятиях и организациях, имеют высокую квалификацию и значительный опыт работы. Эксперты – авторы экспертных заключений пользуются в своей деятельности правами, предоставленными им действующим законодательством Российской Федерации.

Все участники экспертизы обязаны препятствовать несанкционированному использованию материалов экспертизы, передаче материалов экспертизы третьим лицам, разглашению конфиденциальной информации и сведений, составляющих государственную и коммерческую тайну.

Процедура экспертизы научно-технических результатов, полученных в ходе выполнения мероприятий НТП, предусматривает индивидуальную работу экспертов по многокритериальной оценке результатов выполнения проектов, анализ итогов экспертизы по различным критериям с учетом их направленности на решение основных задач программы.

Эксперт изучает объект экспертизы, оценивает полученный научно-технический результат по критериям, приведенным в экспертной анкете. Результатом экспертизы является многокритериальная экспертная оценка научно-технического результата.

Анализ итогов экспертизы и формирование обобщенного экспертного заключения проводятся специальной группой экспертов.

Отбор экспертов – достаточно сложная задача, результат которой в значительной мере определяет эффективность экспертизы, адекватность используемого метода сбора и обработки суждений экспертов и в конечном итоге корректность принимаемых на базе экспертных заключений решений [7, 8]. Выбор экспертов предполагает ясное понимание ими критериев оценки результатов программы и цели экспертизы.

Отбор экспертов – трудно формализуемая задача. Определенную помощь в этом процессе может оказать сопоставление индивидуальных качеств кандидатов в эксперты критериям, которым должен обладать, по мнению психологов и специалистов по проведению экспертиз, идеальный эксперт [9, 10]. Это следующие личностные характеристики:

- креативность – способность творчески решать задачи, методы решения которых полностью или частично неизвестны;

- эвристичность – способность предвидеть возникновение или наличие не очевидных заранее проблем;



- интуиция – способность делать заключения об исследуемом объекте без осознания пути движения мысли к этому заключению;
- предикаторность – способность предсказывать, предчувствовать будущее состояние исследуемого объекта;
- независимость – способность противопоставлять предубеждениям и массовому мнению свою точку зрения;
- всесторонность – способность видеть проблему с различных точек зрения.

Важными требованиями к экспертам являются также уровень их компетентности и грамотности в конкретно обозначенной области.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При практической реализации мероприятий научно-технических программ возникает большое количество результатов научно-технической деятельности. При этом не существует аналитической зависимости между количественными показателями, характеризующими результаты программ, и качественными характеристиками, выбираемыми в качестве критерия оптимальности. В работе предложен научно-методический подход к оценке инновационного потенциала результатов современных научно-технических программ, который включает два этапа. На первом этапе группа специалистов-экспертов выделяет несколько обобщенных результатов НТП, среди которых, по мнению группы, содержится оптимальный. На втором этапе для выделенных результатов проводится многокритериальная комиссионная экспертиза. Разработана критериальная модель выбора оптимальных результатов научно-технических программ.

Использование исключительно вербальных оценок вариантов, а также обоснованность решающих правил выбора результатов НТП позволяет сделать вывод о целесообразности применения предлагаемых подходов для выбора рациональных результатов НТП, обладающих максимальным инновационным потенциалом, что позволит повысить обоснованность решений и уменьшить объем проектно-инвестиционных работ.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-06-00335а.*

#### Список литературы:

1. Роцин А.В., Тихонов И.П., Проничкин С.В. // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 21(324). С. 10.
2. Проничкин С.В., Тихонов И.П. // Модели и методы инновационной экономики. Сборник научных трудов под ред. К.А. Багриновского и Е.Ю. Хрусталева. Вып.7. М.: ЦЭМИ РАН, МАОН, 2015. С. 106.
3. Проничкин С.В. // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 38(341). С. 21.
4. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений. М.: Наука, 2006. 268 с.
5. Хрусталева Е.Ю., Ильменская Е.М. // Аудит и финансовый анализ. 2012. № 2. С. 158.
6. Цыганов С.А., Рудцкая Е.Р., Хрусталева Е.Ю. // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. № 11. С. 2.

7. *Проничкин С.В.* // Материалы международной научно-практической конференции «Международные стандарты, аккредитация и сертификация технического образования и инженерной профессии». М: Изд. Дом «МИСиС», 2010. С. 77.
  8. *Проничкин С.В., Бальшиев А.В., Тихонов И.П.* // Модели и методы инновационной экономики. Сборник научных трудов под ред. Е.Ю. Хрусталева. Вып.9. М.: ЦЭМИ РАН, МАОН, 2016. С. 115.
  9. *Boucher X., Bonour E., Grabot B.* // *Computers in Industry*. 2007. V. 58. P. 98.
  10. *Peters L., Zelewski S.* // *Management Research News*. 2007. V. 30(2). P. 84.
- 

## DEVELOPMENT OF CRITERIAL MODEL FOR EVALUATION OF INNOVATIVE POTENTIAL OF RESULTS OF MODERN SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRAMS

*S. V. Pronichkin<sup>1\*</sup>, I. P. Tikhonov, N. A. Sakharova, and A. V. Roshchin*

Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>1</sup>Federal Research Center “Computer Science and Control”,

Institute for Systems Analysis of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,

\*e-mail: pronichkin@mail.ru

Received April 20, 2017

**Abstract** – The paper suggests a scientific-methodological approach to assessing the innovative potential of results of modern scientific and technical programs (STP), the approach involves two stages. At the first stage, a group of experts identifies a set of several generalized results of STP comprising a result which is considered to be optimal in the eyes of the experts. At the second stage, a multicriteria commission expertise is conducted for the selected results. A criterial model for the selection of optimal results of scientific and technical programs is developed. The use of exclusively verbal evaluation of options, as well as the validity of the decision-making rules of choice, makes it possible to draw a conclusion about the advisability of applying the proposed approaches for assessing the innovative potential of STP results.

*Keywords:* scientific and technical program, innovative potential, criteria, expertise, decision-making, criterial model.